

PROJECTION LENS

Patent Number: JP10170824
Publication date: 1998-06-26
Inventor(s): KONO YOSHITSUGU
Applicant(s):: RICOH OPT IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP10170824
Application Number: JP19960335844 19961216
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B13/24 ; G02B13/18
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure the back focus of a required length while keeping desired performance by making a projection lens possess plural aspherical surfaces and making the focal distance of an entire system, the back focus of the entire system on a reduction side, and a lens entire system satisfy a desired condition.

SOLUTION: A front group I is arranged on the enlarging side, a rear group II is arranged on the reduction side, and an aperture diaphragm S is arranged so as to be interposed between the groups I and II. A luminous flux synthesizing means is arranged inside the back focus on the reduction side of the group II. Two or more aspherical surfaces are adopted in the entire system. When the focal distance of the entire system is defined as (f), the back focus of the entire system on the reduction side is defined as Bf, and the entire length of the lens is defined as L, the condition of expression $-4 < (2 \cdot Bf - L) / f < 1$ is satisfied. This condition is the one for securing large ratio with respect to the focal distance of the back focus and realizing the lens whose cost is low while keeping good image performance.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-170824

(43)公開日 平成10年(1998)6月26日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 13/24
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/24
13/18

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平8-335844

(22)出願日

平成8年(1996)12月16日

(71)出願人 000115728

リコー光学株式会社

岩手県花巻市大畑第十地割109番地

(72)発明者 河野 義次

岩手県花巻市大畑第10地割109番地・リコ
ー光学株式会社内

(74)代理人 弁理士 樺山 亨 (外1名)

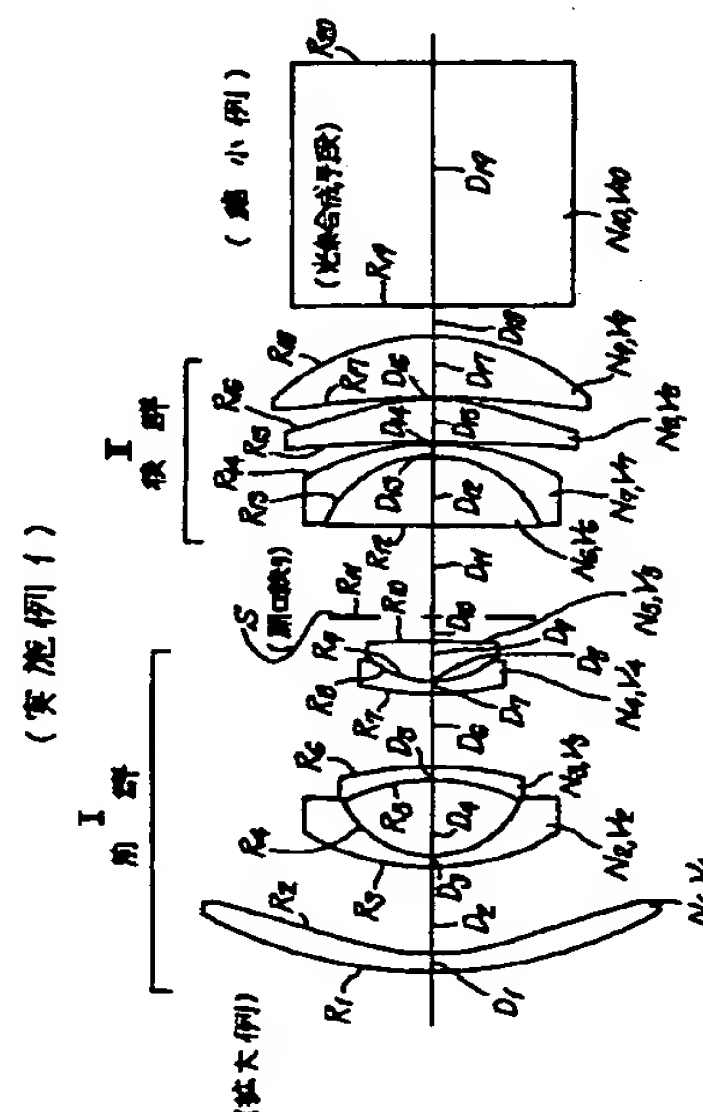
(54)【発明の名称】 投射用レンズ

(57)【要約】

【課題】 所望の性能を維持しつつ、必要な長さのバック
フォーカスを確保できる投射用レンズを実現する。

【解決手段】 拡大側に位置し全体として負の屈折力を持
つ前群Iと、縮小側に位置し全体として正の屈折力を持
つ後群IIとを、開口絞りSを挟むように配備してな
り、非球面を2面以上有し、全系の焦点距離をf、縮小
側における全系のバックフォーカスをBf、レンズ全長
をLとすると、これらが条件：

(1) $-4 < (2 \cdot Bf - L) / f < 1$
を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡大側に位置し全体として負の屈折力を持つ前群と、縮小側に位置し全体として正の屈折力を持つ後群とを、開口絞りを挟むように配備してなり、非球面を2面以上有し、

全系の焦点距離を f 、縮小側における全系のバックフォーカスを Bf 、レンズ全長を L とすると、これらが条件：

$$(1) \quad -4 < (2 \cdot Bf - L) / f < 1$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項2】 請求項1記載の投射用レンズにおいて、後群における最も拡大側の面から拡大側主点位置までの距離を DHR 、後群における最も縮小側の面から縮小側主点位置までの距離を $DH'R$ 、後群の全長を LR とすると、これらが条件：

$$(2) \quad DHR > 1/3 \cdot LR$$

$$(3) \quad DH'R > -1/3 \cdot LR$$

(符号は拡大側から縮小側へ向かう場合を正、縮小側から拡大側へ向かう場合を負とする)を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項3】 請求項1または2記載の投射用レンズにおいて、

開口絞りよりも縮小側に位置し、正の屈折力を持つレンズのアッベ数の平均値を νP 、負の屈折力を持つレンズのアッベ数の平均値を νM とすると、これらが条件：

$$(4) \quad \nu P - \nu M > 30$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項4】 請求項1または2または3記載の投射用レンズにおいて、

開口絞りが、後群の拡大側の焦点位置近傍に配備されたことを特徴する投射用レンズ。

【請求項5】 請求項1または2または3または4記載の投射用レンズにおいて、

前群に負の屈折力を持つレンズを、少なくとも3枚含むことを特徴とする投射用レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は投射用レンズに関する。この発明の投射用レンズは、3板式液晶プロジェクタ用の投射用レンズとして好適に利用できる。

【0002】

【従来の技術】 大画面表示が可能な液晶プロジェクタが一般に知られ、カラー表示において、画素数が大きく高画質なカラー画像を表示できる「3板式液晶プロジェクタ」が次第に主流になりつつある。

【0003】 3板式液晶プロジェクタは、赤(R)、緑(G)、青(B)の画像を別個の液晶パネルに表示し、白色光源からの白色光束をR、G、Bに色分解し、色分解された各光束で、対応する色の画像を表示した液晶パネルを照射し、これら液晶パネルを透過した光束をプリ

ズム(クロスタイプやフィリップスタイプ)やミラー等で合成して投射用レンズに入射させ、投射用レンズにより拡大してスクリーン上にR、G、Bの拡大画像を投影し、これら画像の合成によりスクリーン上にカラー画像を得るようにした液晶プロジェクタである。

【0004】 3板式液晶プロジェクタでは、上記の如く、投射用レンズの物体側、即ち縮小側に、液晶パネルやプリズムやミラー等の光束合成手段が配備されるので、これに用いられる投射用レンズは、液晶パネルや光束合成手段を配備するための空間として、長いバックフォーカスを必要とする。

【0005】 また、投射用レンズの倍率の色収差が良好に補正されていないと、スクリーン上に表示されるカラー画像に「色ずれ」が発生し、表示されたカラー画像の像質を損なう。

【0006】 また、上記光束合成手段により、各色の光束を合成する際、光束合成手段に入射する光束の角度が画角により異なると、所謂「色シェーディング」が発生するので、投射用レンズは、全画角で主光線の入射角が同じになるテレセントリックな光学系であることが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 この発明は、所望の性能を維持しつつ、必要な長さのバックフォーカスを確保できる投射用レンズの実現を課題とする。この発明はまた、色ずれの発生しにくい投射用レンズの実現を課題とする。この発明はさらにまた、テレセントリック性が高く、色シェーディングの発生しにくい投射用レンズの実現を課題とする

【0008】

【課題を解決するための手段】 この発明の投射用レンズは、前群と、後群と、絞りとを有する。「前群」は、拡大側(スクリーン側)に配備され、全体として負の屈折力を有する。「後群」は、縮小側(光束合成手段側)に配備され、全体として正の屈折力を有する。「絞り」は、前群と後群との間に配備される。

【0009】 全系中には、2面以上の「非球面」が採用されている。全系の焦点距離を f 、縮小側における全系のバックフォーカスを Bf 、レンズ全長を L とすると、これらは条件：

$$(1) \quad -4 < (2 \cdot Bf - L) / f < 1$$

を満足する(請求項1)。

【0010】 後群における「最も拡大側の面から拡大側主点位置までの距離」を DHR 、後群における「最も縮小側の面から縮小側主点位置までの距離」を $DH'R$ 、「後群の全長」を LR とすると、請求項2記載の発明の投射用レンズは、これらが条件：

$$(2) \quad DHR > 1/3 \cdot LR$$

$$(3) \quad DH'R > -1/3 \cdot LR$$

を満足することを特徴とする。距離： DHR 、 $DH'R$

10

20

30

40

50

における「符号」は、拡大側から縮小側へ向かう場合を正、縮小側から拡大側へ向かう場合を負とする。

【0011】上記請求項1または2記載の投射用レンズにおいて、「開口絞りよりも縮小側に位置し、正の屈折力を持つレンズ（後群に含まれる正レンズ）」のアッペ数の平均値を νP 、同じく「開口絞りよりも縮小側にある負の屈折力を持つレンズ（後群に含まれる負レンズ）」のアッペ数の平均値を νM とすると、請求項3記載の発明の投射用レンズは、これらが条件：

$$(4) \quad \nu P - \nu M > 30$$

を満足することを特徴とする。

【0012】請求項1または2または3記載の投射用レンズにおいて、開口絞りは「後群の拡大側の焦点位置近傍」に配備することができる（請求項4）。さらに、請求項1または2または3または4記載の投射用レンズにおいて、前群は「負の屈折力を持つレンズを、少なくとも3枚」含むことができる（請求項5）。

【0013】3板式液晶プロジェクタの投射用レンズは、焦点距離に比べて長いバックフォーカスを持つが、レトロフォーカスタイプはその屈折力の構成上、このような条件に適したレンズタイプである。また、背面投射型プロジェクタ用として必要とされる大きい投射画角に対応できるという意味でもレトロフォーカスタイプは適している。

【0014】このような観点から、本発明の投射レンズは基本構成をレトロフォーカスタイプとした。即ち、開口絞りを挟んで、拡大側に「全体として負の屈折力を持つ前群」を配し、縮小側に「全体として正の屈折力を持つ後群」を配することにより、拡大側から縮小側に向かって、負・正の屈折力配置とし、3板式液晶プロジェクタに使用するのに十分な長いバックフォーカスを確保している。

【0015】この場合、基本的な像性能を保ったままバックフォーカスと焦点距離の比をより大きく確保する方法としては「レンズ全長を比較的短くした状態で、各群の屈折力を大きくする方法」と、これとは逆に「各群の屈折力をあまり大きくせず、レンズ全長を比較的大きくする方法」とがある。

【0016】しかし前者では、レンズ系は全体としてコンパクトなものとなるが、収差の発生量が大きくなり、結像性能の崩れを生じやすい。また、後者では、レンズは全体として大きくなるが収差の発生量が少なく良好な画像を得易い。

【0017】この発明では、これら両者をバランスさせることにより、良好な性能を維持しつつ、所要のバックフォーカスを確保し、レンズ系の大型化を可及的に少なくしている。

【0018】条件（1）は良好な画像性能を維持しつつ、バックフォーカスの焦点距離に対する大きな比を確保し、且つ低コストなレンズを実現するための条件であ

る。条件（1）の下限を越えるとレンズ全長が長くなり、従って、拡大側に位置するレンズの径が大きなものとなり、高価なレンズとなってしまふ。また、上限を越えると、収差の補正状態を良好に維持したまま長いバックフォーカスを確保することが困難となる。

【0019】また、2面以上の非球面を有効に使用することにより、画面周辺部における歪曲収差とフレア、像面の倒れ等の結像性能に関わる収差の良好な補正が可能である。

10 【0020】後群の「拡大側主点位置」を前群レンズから離すことで、現実のレンズ配置に比して長い光学的なレンズ長を確保でき、性能を良好に維持できる。また、後群の「縮小側主点位置」を拡大側主点位置から更に離れて縮小側に設定することにより、限られたレンズ全長の中で長いバックフォーカスと、より良好な結像性能を確保できるようになる。

20 【0021】条件（2）、（3）は、このような状態を実現するための条件であり、これら条件（2）、（3）を満足することにより、良好に像性能を維持しつつ長いバックフォーカスを確保することが可能である。

30 【0022】条件（4）は、倍率色収差を小さく抑えるための条件であり、下限を越えると倍率色収差が補正不足となり、スクリーン上で青色の画像が緑色の画像よりも拡大され、赤色の画像が緑色の画像よりも縮小されて表示されることにより、色毎の画素ずれが発生して色再現性が悪化する。

40 【0023】請求項4記載の発明の投射用レンズにおけるように、後群の拡大側焦点位置に開口絞りを配置すると、投射用レンズ全体として「縮小側においてテレセントリック」となり、少なくとも主光線に関しては色シェーディングが発生しないようにすることが可能となる。また、一般に縮小側がテレセントリックな状態となっていると、光源から入射する照明光を「損失分」少なく効率良く利用できる。この発明の投射用レンズは、焦点距離に比して非常に長いバックフォーカスを持っているため、請求項5記載の発明のように、前群の発散力を少なくとも3枚の凹レンズに分散することにより、尚良好な像性能が得られる。

50 【0024】このように構成することにより、この発明の投射用レンズは、良好な性能を維持しつつ、 F/N 0. : 2. 2程度、半画角：43度前後という、大口径かつ広画角なレンズを実現できる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1に示すように、前群Iは拡大側に配備され、後群IIは縮小側に配備され、これら前・後群に挟まれるように開口絞りSが配備される。後群IIの縮小側には「光束合成手段」がバックフォーカス内に配備される。光束合成手段としては「クロスタイプのプリズム」が想定されている。図1（実施例1のレンズ構成）に例示するように、「 R_i 」は拡大側（スクリ

ーン側) から数えて第 i 番目の面 (開口絞りの面、光束合成手段の面を含む) の曲率半径、 D_i は第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面の軸上面間隔を示し、 N_j は拡大側から数えて第 j 番目のレンズの d 線に対する屈折率、 ν_j は第 j 番目のレンズのアッペ数を示す。また、 D_0 ($i=0$) はスクリーンからレンズ第1面までの距離、最終の D_i は「色合成プリズムの液晶パネル側の面から液晶パネル面までの距離」である。また、 f は全系の焦点距離、 $F/N_o.$ は F ナンバを表す。

【0026】非球面は周知の如く、光軸方向に Z 軸、光軸直交方向に H 軸を取り、近軸曲率半径を R 、円錐定数を K 、高次の非球面係数を A, B, C, \dots とするとき、

i	R_i	D_i
0		560.0
1	69.639	3.0
2	36.131	13.868
3	36.667	2.0
4	15.112	12.41
5	-28.242	2.0
6	-60.908	11.985
7	52.369	2.0
8	14.813	0.1
9	14.919	6.5
10	-332.572	4.21
11	∞ (開口絞り面)	15.287
12	-1048.771	11.735
13	-18.231	2.0
14	-37.767	0.2
15	-233.656	7.17
16	-34.130	0.2
17	-148.183	10.327
18	-34.619	5.0
19	∞	40.0
20	∞	16.08

19、20面は光束合成手段の面である。

【0030】非球面：

第2面

$K=-0.935235, A=-0.749945 \times 10^{-5}, B=-0.480162 \times 10^{-10}, C=0.260303 \times 10^{-11}, D=-0.106583 \times 10^{-14}, E=0.0, F=0.0$

第16面

$K=0.470033, A=0.108889 \times 10^{-4}, B=0.513728 \times 10^{-8}, C=0.658053 \times 10^{-11}, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

【0031】 $f=13.4$, バックフォーカス=47.11, F ※

i	R_i	D_i
0		560.0
1	65.505	3.0
2	35.712	13.397
3	38.469	2.0

$$* Z = (1/R) \cdot H^2 / \{1 + \sqrt{1 - (K+1) \cdot (1/R)^2 \cdot H^2}\} + A \cdot H^4 + B \cdot H^6 + C \cdot H^8 + D \cdot H^{10} + E \cdot H^{12} + F \cdot H^{14} + \dots$$

で表される曲線を光軸 (Z 軸) の回りに回転して得られる曲面であり、上記 R, K, A, B, C, \dots を与えて形状を特定する。

【0027】各実施例における、焦点距離： f 、バックフォーカス、及び $F/N_o.$ の算出基準波長は 535 nm である。

【0028】以下、具体的な実施例を5例挙げる。

【0029】

【実施例】

実施例1

J	N_j	ν_j
1	1.49194	57.2
2	1.69680	55.5
3	1.69680	55.5
4	1.69680	55.5
5	1.61650	31.0
6	1.51680	64.2
7	1.92286	20.9
8	1.49194	57.2
9	1.69680	55.5
10	1.51680	64.2

※ $N_o. = 2.2$

射出瞳位置：-7744 (第18面から)

条件の値：

条件(1)の値：-0.80

条件(2)の値： $DHR = 0.59 \cdot LR$

条件(3)の値： $DH'R = -0.04 \cdot LR$

条件(4)の値：38.1

【0032】実施例2

j	N_j	ν_j
1	1.49194	57.2
2	1.69680	55.5

(5)			特開平10-170824		
7			8		
4	15.780	11.815			
5	-33.979	2.0	3	1.69680	55.5
6	-52.863	11.111			
7	-28.105	2.0	4	1.69680	55.5
8	-58.096	0.2			
9	54.288	2.0	5	1.69680	55.5
10	14.957	0.1			
11	15.135	8.0	6	1.61650	31.0
12	-84.134	2.60			
13	∞ (開口絞り面)	15.078			
14	981.462	11.984	7	1.51680	64.2
15	-18.231	2.0	8	1.92286	20.9
16	-37.952	0.2			
17	-162.593	6.64	9	1.49194	57.2
18	-35.011	0.2			
19	-209.768	10.679	10	1.69680	55.5
20	-35.147	5.0			
21	∞	40.0	11	1.51680	64.2
22	∞	16.12			

第21、22面は光束合成手段の面である。

【0033】非球面：

第2面

$K=-0.917837, A=-0.742741 \times 10^{-5}, B=-0.150552 \times 10^{-9}, C=0.251827 \times 10^{-11}, D=-0.100073 \times 10^{-14}, E=0.0, F=0.0$

第16面

$K=0.585242, A=0.105828 \times 10^{-4}, B=0.523258 \times 10^{-8}, C=0.727856 \times 10^{-11}, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

* /No. =2.2

射出瞳位置：-3733 (第20面から)

条件の値：

条件(1)の値：-0.8

条件(2)の値：DHR=0.58・LR

条件(3)の値：DH'R=-0.05・LR

条件(4)の値：38.1

30

【0034】 $f=13.4$, バックフォーカス=47.14, F *

【0035】実施例3

i	Ri	Di	j	Nj	vj
0		560.0			
1	69.236	3.0	1	1.49194	57.2
2	40.062	12.602			
3	45.731	2.0	2	1.69680	55.5
4	14.571	11.052			
5	-25.629	2.0	3	1.69680	55.5
6	-69.471	9.181			
7	43.435	2.0	4	1.69680	55.5
8	14.643	0.1			
9	14.750	6.5	5	1.61650	31.0
10	-325.592	6.07			
11	∞ (開口絞り面)	13.203			
12	201.552	11.308	6	1.51680	64.2
13	-18.420	2.0	7	1.80518	25.5
14	-106.357	0.2			
15	187.751	9.609	8	1.49194	57.2
16	-30.873	0.2			
17	-1615.032	13.974	9	1.49194	57.2

9			10
18	-27.509	5.0	
19	∞	40.0	10 1.51680 64.2
20	∞	16.08	

第19、20面は光束合成手段の面である。

【0036】非球面：

第2面

$K=-2.318827, A=-0.777660 \times 10^{-5}, B=0.247709 \times 10^{-8}, C=0.284989 \times 10^{-11}, D=-0.291969 \times 10^{-14}, E=0.785770 \times 10^{-18}, F=0.0$

第16面

$K=0.230019, A=0.123542 \times 10^{-4}, B=0.670675 \times 10^{-8}, C=0.465020 \times 10^{-11}, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

第18面

$K=-0.550795, A=0.481557 \times 10^{-8}, B=0.0, C=0.0, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

* 【0037】 $f=13.36$, バックフォーカス=47.1, $F/N_{0.}=2.19$

射出瞳位置：3051 (第18面から)

条件の値：

条件(1)の値：-0.81

10 条件(2)の値： $DHR=0.58 \cdot LR$

条件(3)の値： $DH'R=-0.10 \cdot LR$

条件(4)の値：34.0

【0038】実施例4

i	Ri	Di	j	Nj	vj
0		560.0			
1	66.705	2.0	1	1.49194	57.2
2	30.698	8.064			
3	31.669	2.0	2	1.74330	49.2
4	16.477	21.744			
5	-25.134	6.282	3	1.77250	49.6
6	23.870	0.62			
7	27.515	5.675	4	1.78472	25.7
8	-40.331	3.614			
9 ∞ (開口絞り面)		12.027			
10	52.648	12.587	5	1.58913	61.3
11	-59.228	1.118			
12	-45.330	2.232	6	1.92286	20.9
13	74.935	0.539			
14	83.704	8.272	7	1.49194	57.2
15	-33.607	0.2			
16	260.291	13.025	8	1.69680	55.5
17	-32.602	5.0			
18	∞	40.0	9	1.51680	64.2
19	∞	15.19			

第18、19面は光束合成手段の面である。

【0039】非球面：

第2面

$K=-2.059832, A=-0.670443 \times 10^{-5}, B=0.214120 \times 10^{-8}, C=0.0, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

第15面

$K=0.624213, A=0.138632 \times 10^{-4}, B=0.254918 \times 10^{-7}, C=0.0, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

40*/ $N_{0.}=2.18$

射出瞳位置：3651 (第17面から)

条件の値：

条件(1)の値：-0.57

条件(2)の値： $DHR=0.58 \cdot LR$

条件(3)の値： $DH'R=-0.16 \cdot LR$

条件(4)の値：37.1

【0040】 $f=13.29$, バックフォーカス=46.22, $F*$

【0041】実施例5

i	Ri	Di	j	Nj	vj
---	----	----	---	----	----

0	560.0
1	79.095 3.0
2	41.742 19.670
3	38.279 2.0
4	13.431 10.582
5	-26.056 10.742
6	-59.880 0.2
7	48.787 14.480
8	18.972 0.1
9	18.787 6.5
10	-118.996 0.2
11	∞ (開口絞り面) 13.690
12	387.953 15.0
13	-18.231 2.0
14	-35.518 0.2
15	-287.144 6.653
16	-38.552 0.2
17	-562.279 9.782
18	-37.101 5.0
19	∞ 40.0
20	∞ 10.0

第19、20面は光束合成手段の面である。

【0042】非球面：

第2面

$K=-0.635205, A=-0.620669 \times 10^{-5}, B=-0.346989 \times 10^{-9}, C=0.271430 \times 10^{-11}, D=-0.183482 \times 10^{-14}, E=0.492646 \times 10^{-18}, F=-0.369779 \times 10^{-22}$

第16面

$K=0.60369, A=0.910429 \times 10^{-5}, B=0.227425 \times 10^{-8}, C=0.467273 \times 10^{-11}, D=0.0, E=0.0, F=0.0$

【0043】 $f=13.46$, バックフォーカス=41.03, $F/N\phi.=2.21$

射出瞳位置:-2604 (第18面から)

条件の値：

条件(1)の値:-2.45

条件(2)の値: $DHR=0.56 \cdot LR$

条件(3)の値: $DH'R=-0.10 \cdot LR$

条件(4)の値:39.7

【0044】図1～図5は、上記実施例1～5のレンズ構成を示している。図6～図10に、上記実施例1～5に関する収差図を順次示す。

【0045】各収差図において、「G」は波長535nmの収差、「B」は波長450nmの収差、「R」は波長620nmの収差を示す。「M」は波長535nmのメリディオナル像面、Sは同サジタル像面を示す。

「 ω 」は半面角を示す。

【0046】

1	1.49194	57.2
2	1.69680	55.5
3	1.69680	55.5
4	1.71300	53.9
5	1.61650	31.0
6	1.51680	64.2
7	1.92286	20.9
8	1.49194	57.2
9	1.62041	60.3
10	1.51680	64.2

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば3板式液晶プロジェクタに適した投射用レンズを実現できる。請求項1記載の発明の投射用レンズは良好な性能を維持しつつ、十分に長いバックフォーカスを有し、低コストで実現できる。請求項2記載の発明の投射用レンズは、性能をより高めることができる。請求項3記載の発明の投射用レンズは、表示カラー画像における色ずれを有効に軽減でき、請求項4記載の発明の投射用レンズは、色シェーディングを有効に軽減でき、請求項5記載の発明の投射用レンズは、より良好な像性能を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のレンズ構成を示す図である。

【図2】実施例2のレンズ構成を示す図である。

【図3】実施例3のレンズ構成を示す図である。

【図4】実施例4のレンズ構成を示す図である。

【図5】実施例5のレンズ構成を示す図である。

【図6】実施例1に関する収差図である。

【図7】実施例2に関する収差図である。

【図8】実施例3に関する収差図である。

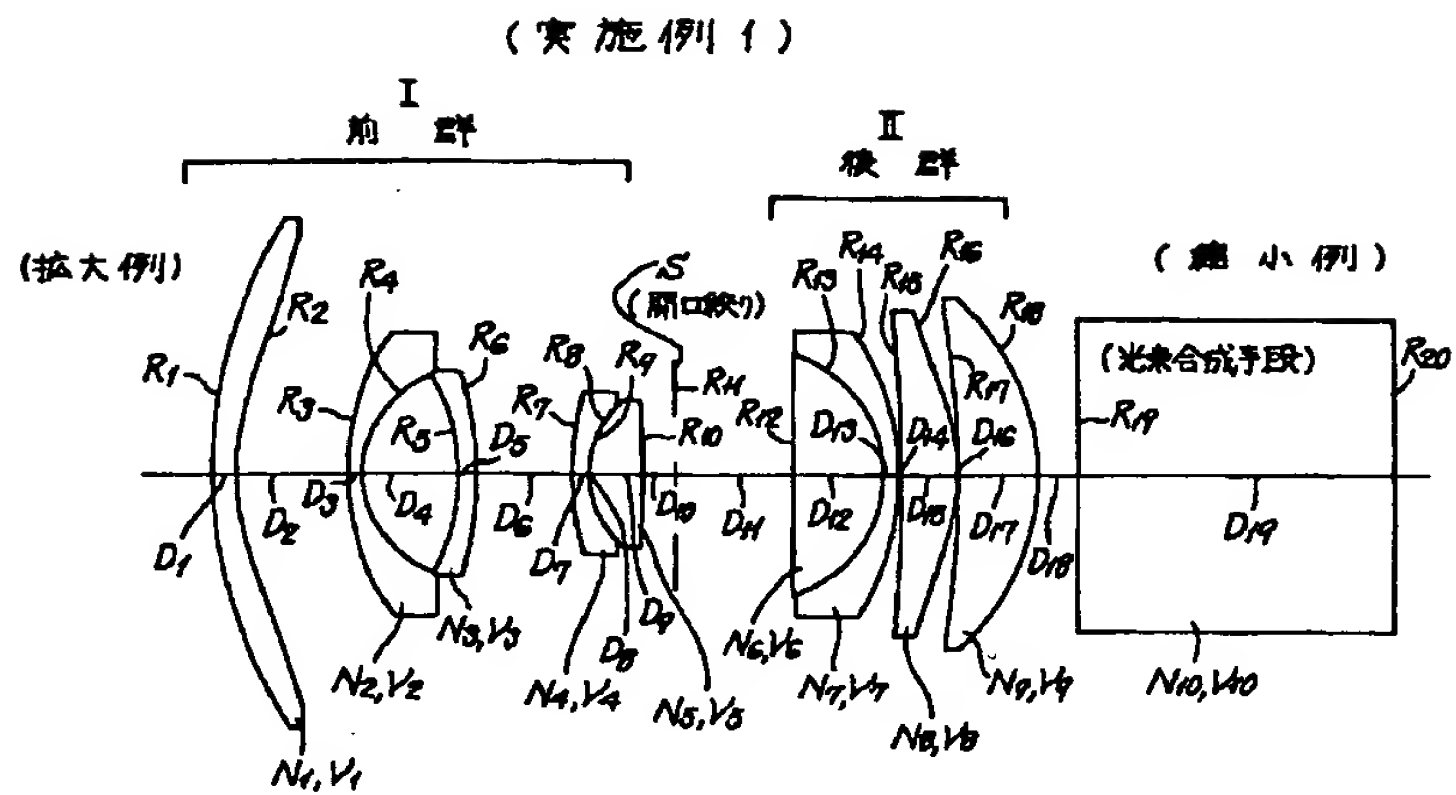
【図9】実施例4に関する収差図である。

【図10】実施例5に関する収差図である。

【符号の説明】

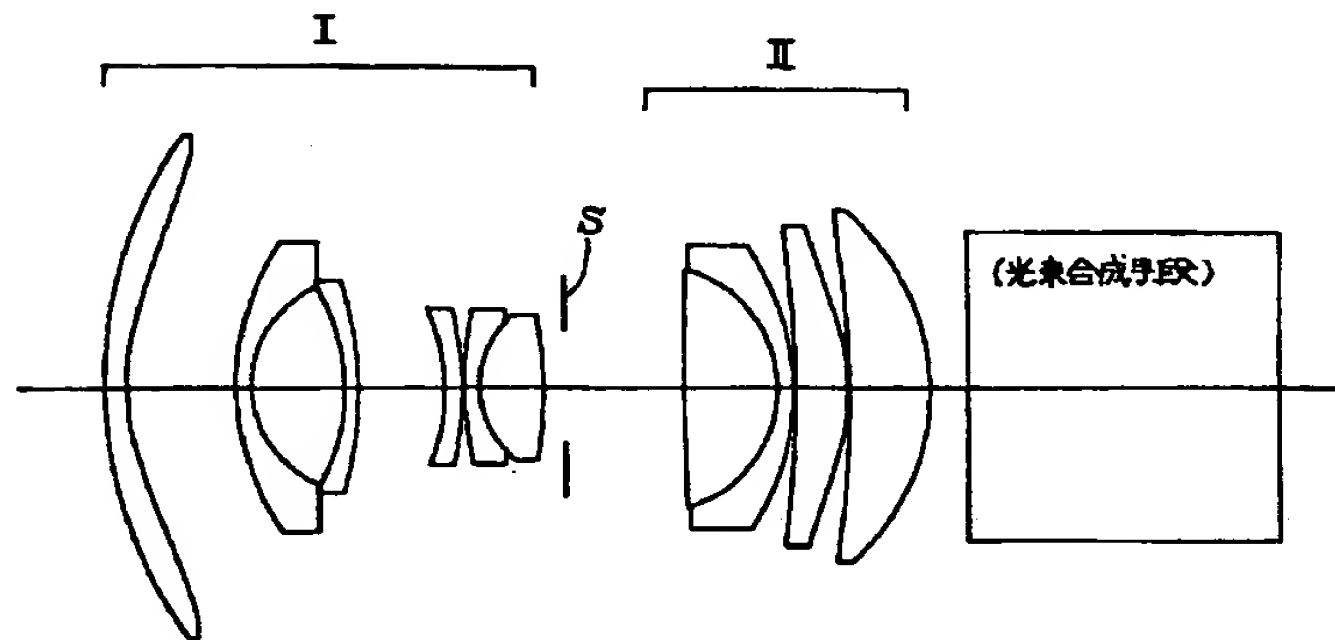
I 前群
II 後群
S 開口絞り

【図1】



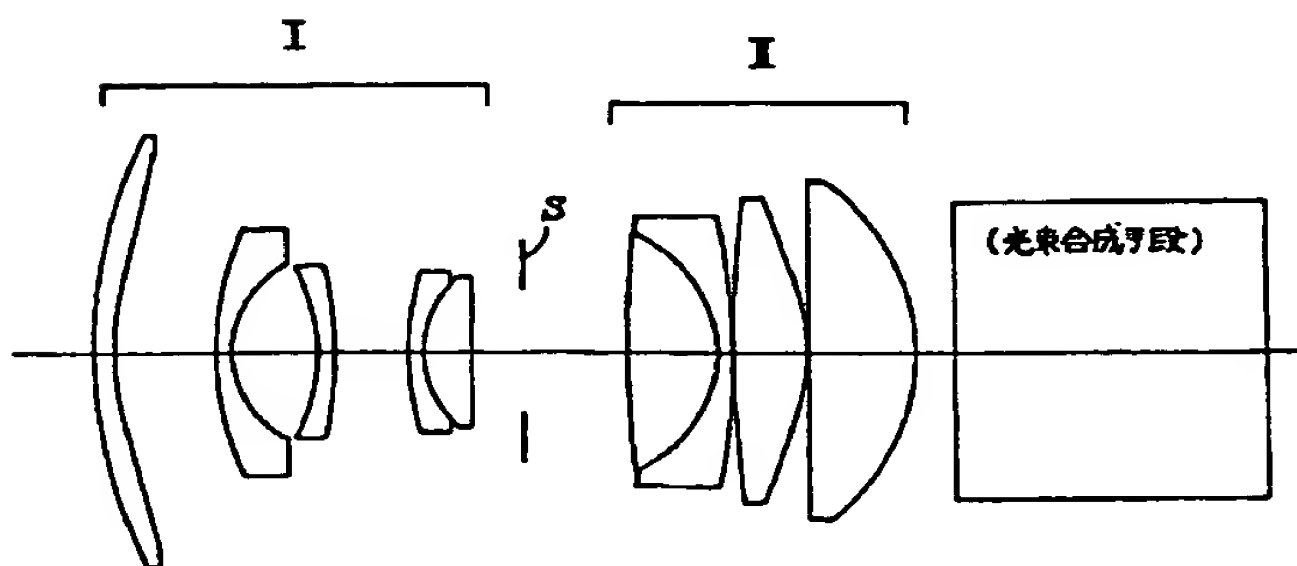
【図2】

(実施例2)



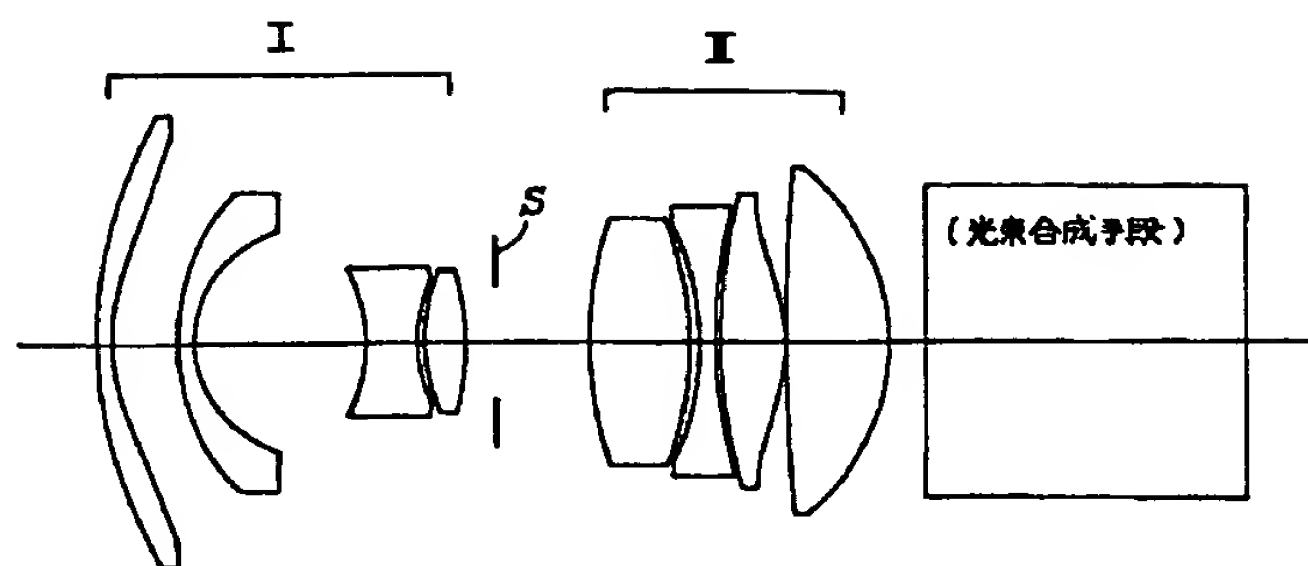
【図3】

(実施例3)



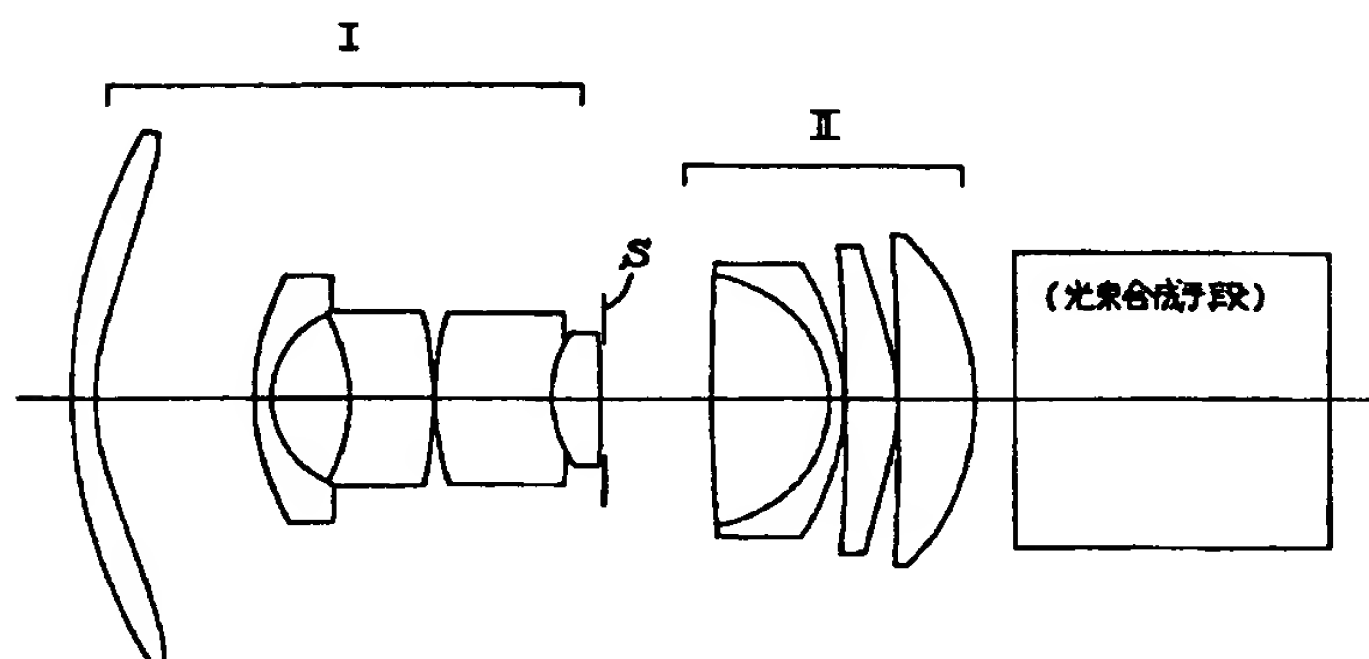
【図4】

(実施例4)



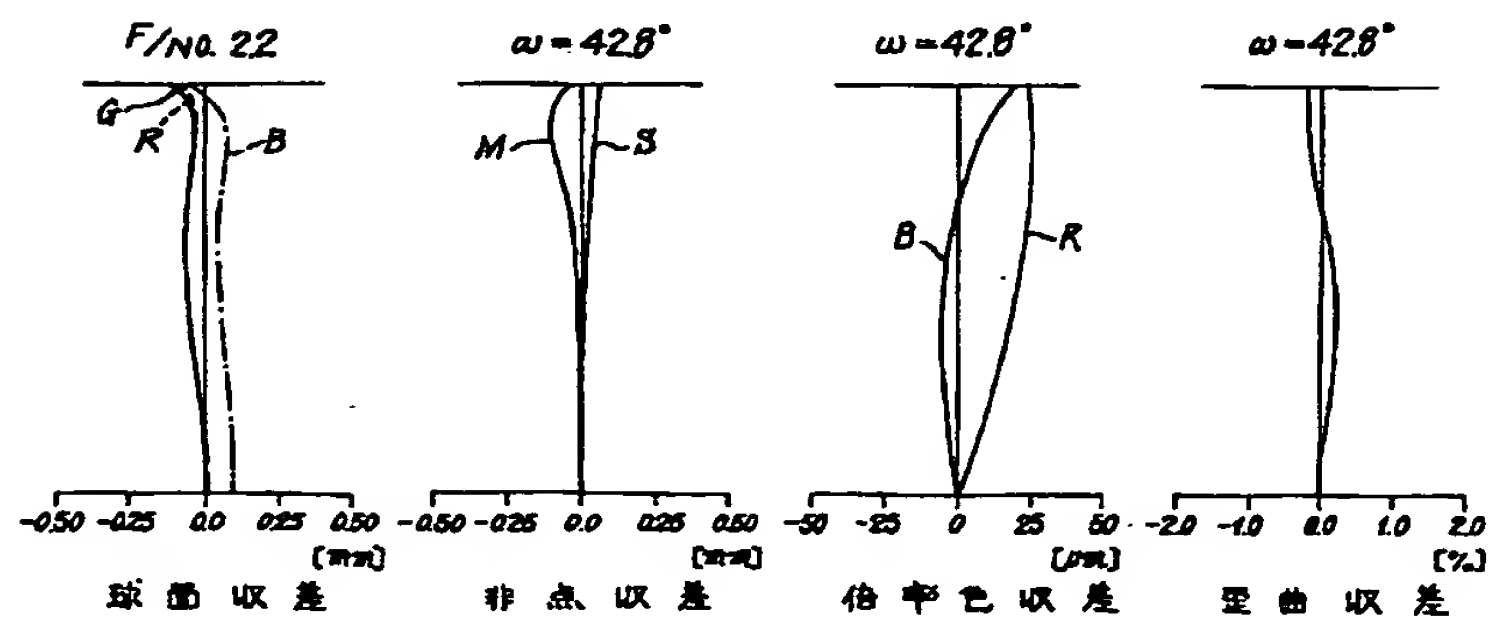
【図5】

(実施例5)



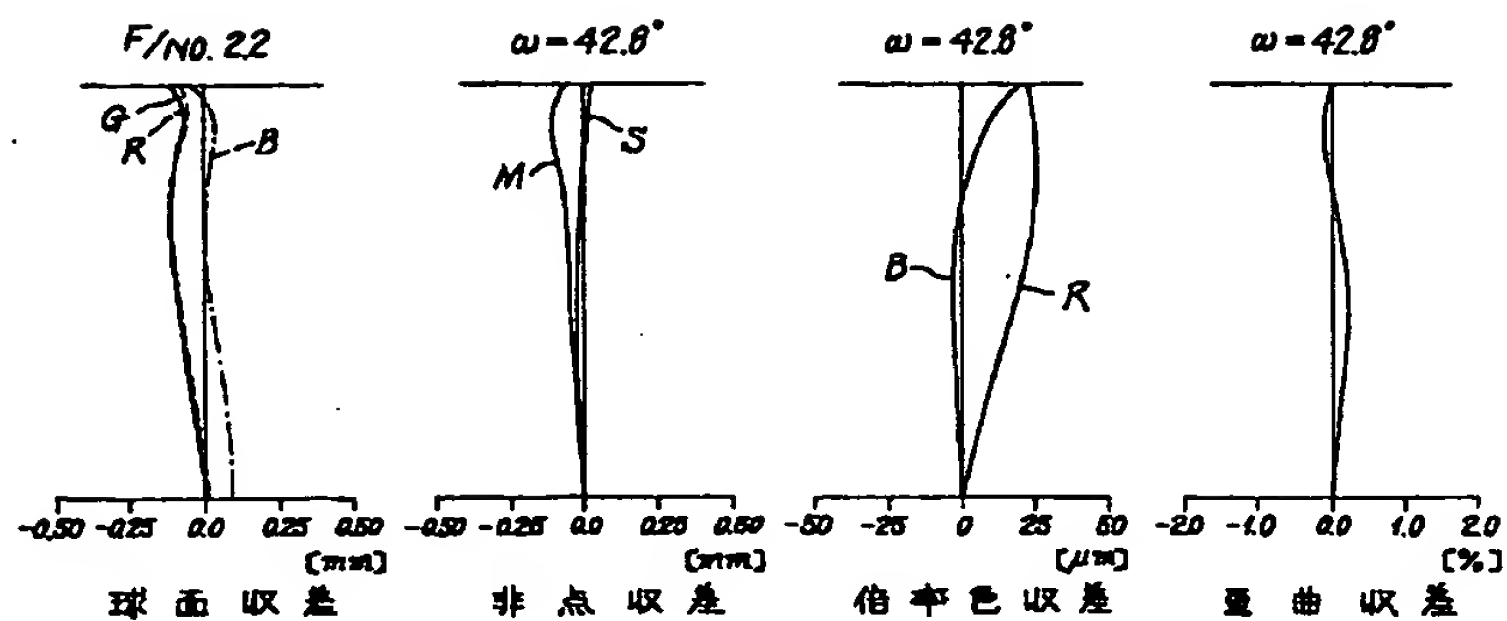
【図6】

(実施例1)



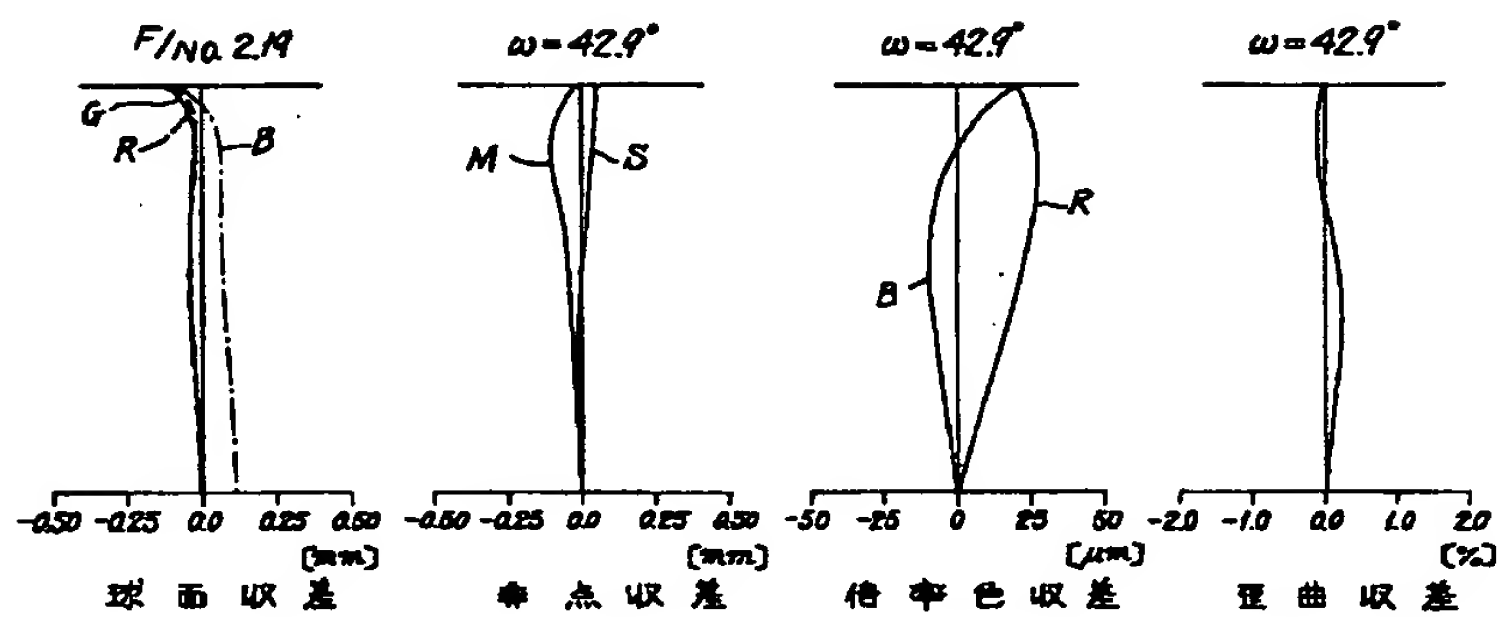
【図7】

(実施例2)



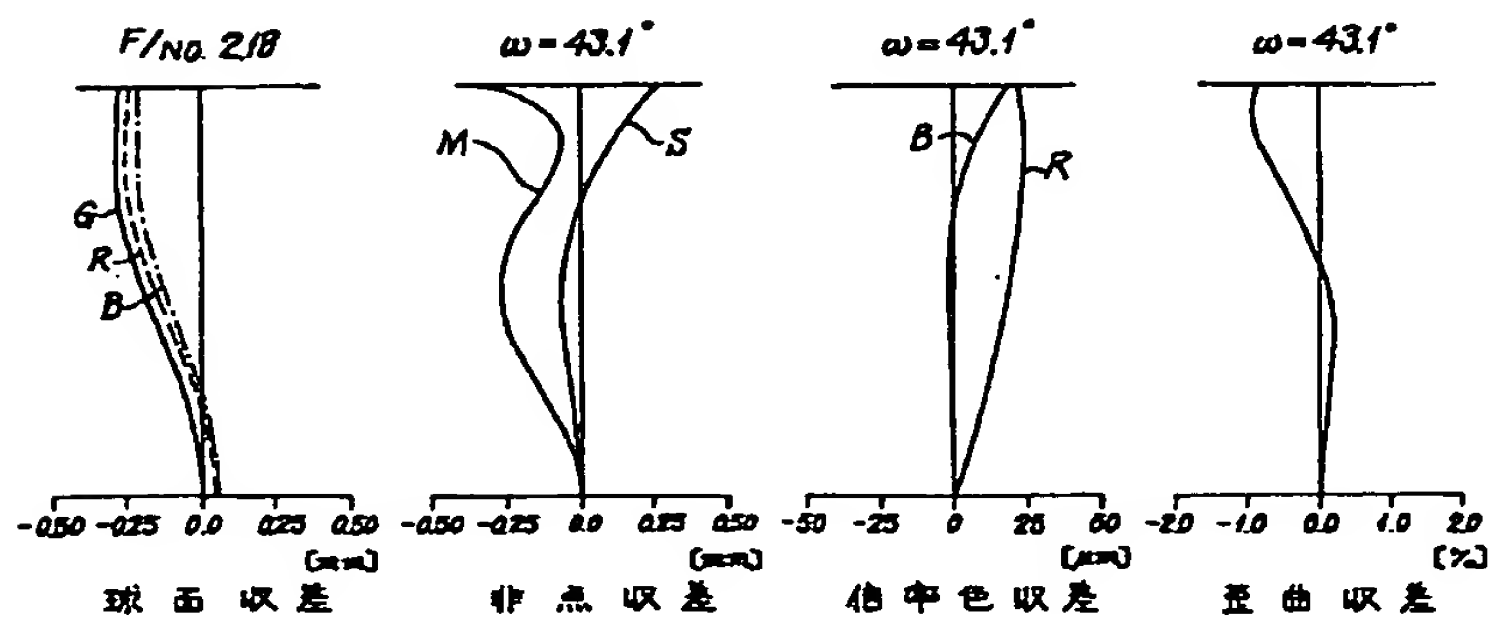
【図8】

(実施例3)



【図9】

(実施例4)



【図10】

(実施例5)

